

PROBLEMS OF SMALL AUTONOMOUS POWER AGROFORMATIONS

V.I. Barkov Doctor of Technical sciences, I.T. Aldibekov Doctor of technical sciences

LLP «Kazakh scientific research institute mechanization and electrification of agriculture», Almaty, Republic of Kazakhstan

E-mail: kazniimesh@yandex.kz

Abstract: The technical potential of solar energy for the regions and the potential volume of electricity consumption of livestock farms were determined. Experimental researches of power consumption of farms have been spending. The hybrid power installation, which provides technological processes of electric and thermal energy, as well as biogas was developed.

KEYWORDS: SOLAR ENERGY, PHOTOVOLTAIC, SOLAR WATER HEATING, BIOGAS INSTALLATION, HYBRID POWER INSTALLATION.

1. Введение

Развитие индивидуальных и фермерских хозяйств, возрастающий дефицит электроэнергии, повышение цен на традиционные энергоносители, малая удельная нагрузка во многих регионах дали новый импульс исследованиям в области возобновляемых источников энергии. Поэтому применение в системах автономного электроснабжения фотоэлектрических (ФЭУ), гелионагревательных (ГНУ) и биогазовых (БУ) установок становится все более актуальным с развитием новых технологий. Особый интерес вызывают разработки гибридных установок с использованием комплекса различных возобновляемых источников энергии.

Анализ существующих отечественных и зарубежных разработок в области солнечной энергетики показывает, что имеется ряд проблем, снижающих эффективность использования ФЭУ в системах автономного электроснабжения потребителей малой мощности. Данные проблемы можно разделить на группы: методические, технологические и экономические. Методические связаны с недостаточностью проработки методик выбора структуры систем автономного электроснабжения, графиков нагрузки потребителей и учета особенностей режимов работы оборудования ФЭУ. Технологические проблемы связаны, как с необходимостью повышения эффективности ФЭУ, так и устройств, обеспечивающих совместную работу компонентов системы автономного электроснабжения. Экономические проблемы связаны, прежде всего, с низкой конкурентоспособностью возобновляемой энергетики с централизованным электроснабжением. Цена электроэнергии, вырабатываемой ФЭУ в Европе пока слишком высока: 1 кВт·ч стоит 20...25 центов, тогда как цена электричества, производимого ТЭЦ на угле составляет 4...6 центов, на природном газе – 5...7 центов, на биологическом топливе – 6...9 центов. Стоимость солнечной электроэнергии в Греции, производимой крупными сетевыми ФЭУ, составляет 13...18 цент/кВт·ч, тогда как цена электричества, производимого ТЭЦ на угле составляет 4...6 цент/кВт·ч, на природном газе – 5...7 цент/кВт·ч, на биотопливе – 6...9 цент/кВт·ч [1].

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

2.1. Теоретический потенциал солнечной энергии

Теоретический потенциал солнечной энергии – это среднегодовое суммарная энергия солнечного излучения, падающая на площадь региона в течение года [2]:

$$W_g = \sum_i W_{mi}, \quad (1)$$

где W_g – теоретический потенциал солнечной энергии, кВт·ч/год; W_{mi} – технический потенциал i -го месяца, кВт·ч/год.

Технический потенциал i -го месяца определяется по формуле:

$$W_{mi} = E_i \cdot k_{фэу} \cdot q \cdot S \cdot \eta [1 - \chi (T_i - T_1)], \quad (2)$$

где E_i – среднегодовое приход солнечной энергии на единицу горизонтальной поверхности в i -й месяц года, кВт·ч/(м²·мес.); $k_{фэу}$ – доля площади, целесообразная для

установки ФЭУ; S – полная площадь, м²; q – доля полной площади, предназначенная для преобразования солнечной энергии; η – КПД ФЭУ; χ – температурный градиент КПД, К⁻¹; T_i – среднемесячная рабочая температура фотопреобразователей, К; T_1 – среднемесячная температура окружающей среды, К.

Результаты расчетов в разрезе областей, аулов и поселков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технический потенциал солнечной энергии в разрезе областей, аулов и поселков

| Наименование региона | Области, млн. ГДж/год | Поселки, млн. ГДж/год | Аулы (села), млн. ГДж/год |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Республика Казахстан | 12543,6 | 54,16 | 285,25 |
| Акмолинская | 645,2 | 3,98 | 25,14 |
| Актюбинская | 1408,3 | 0,56 | 16,44 |
| Алматинская | 1060,5 | 4,57 | 30,9 |
| Атырауская | 670,4 | 4,25 | 7,3 |
| Восточно-Казахстанская | 1281,3 | 6,91 | 30,23 |
| Жамбылская | 722,6 | 5,1 | 14,68 |
| Западно-Казахстанская | 650,4 | 1,29 | 17,54 |
| Карагандинская | 1951,6 | 10,69 | 20,33 |
| Костанайская | 810,4 | 1,08 | 25,41 |
| Кызылординская | 1092,3 | 4,91 | 10,35 |
| Мангистауская | 825,1 | 2,07 | 1,92 |
| Павлодарская | 542,3 | 2,09 | 4,48 |
| Северо-Казахстанская | 402,3 | 1,24 | 25,53 |
| Южно-Казахстанская | 603,2 | 3,09 | 37,98 |

Площадь территории Казахстана, доступная для установки фотоэлектрических преобразователей составляет не менее 50% от общей площади (2,72 млн. км²), таким образом технический потенциал получения электроэнергии от солнечного излучения можно оценить в 3,5 ТВт·ч/год.

2.2 Потребление электроэнергии в сельском хозяйстве

Потребление электроэнергии на производственные нужды сельского хозяйства от централизованных источников составляло за последние 10 лет, соответственно, в 2004 г – 705 млн. кВт·ч, в 2006 г – 876,5 млн. кВт·ч, 2009 г – 436,7 млн. кВт·ч, 2011 г – 607,4 млн. кВт·ч, 2014 г – 755,9 млн. кВт·ч [3].

Объем потребления электроэнергии в сельском хозяйстве в 2014 году за счет ВИЭ составил 1043,1 млн. кВт·ч, в том числе за счет ГЭС – 1039,1 млн. кВт·ч, за счет ветроэлектростанций – 3,99 млн. кВт·ч, за счет солнечных электростанций 14 тыс. кВт·ч [3].

Автономные источники энергоснабжения (фотоэлектрические, гелионагревательные, ветровые и др. энергоустановки) имеют около 500 крестьянских (фермерских) хозяйств, что составляет менее 0,1% от общего количества хозяйств.

В 2012 году в селе Сарыбулак Алматинской области, в рамках международного проекта «Зеленая деревня», корейской компанией «Daegue City Gas» совместно с ТОО «ДостыкЭнерго» была построена солнечная электростанция мощностью 52 кВт. Значимым проектом в области использования ВИЭ, реализованным на средства ООН, является обеспечение в 2002 году жителей двух деревень Аральского региона питьевой и горячей водой за счет размещения 50 призматических ГНУ производительностью 100

л/сут воды и 50 солнечных опреснителей воды из реки Сырдарья.

В КазНИИМЭСХ разработаны и внедрены в малых хозяйствах Алматинской области 2 ФЭУ, мощностью 2 кВт [4] и 3 БУ, с объемом биореактора 5 и 10 м³ [5].

2.3 Объемы и структура расхода энергии в животноводческих хозяйствах

На основе анализа статданных и норм расхода электроэнергии на технологические нужды определены объемы и структура расхода электроэнергии во всех категориях хозяйств различного направления (таблица 2).

Таблица 2 - Объемы и структура расхода электроэнергии в животноводческих хозяйствах различных направлений по Республике

| Наименование | Тип хозяйства | | | Всего |
|---|------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| | Сельхоз-предприятия | Фермерские, крестьянские | Личные, подсобные | |
| Хозяйства молочного направления | | | | |
| Поголовье КРС, гол | 167 054 | 740 152 | 1 954 598 | 2 861 804 |
| Расход электроэнергии на все хозяйства, кВт·ч/год | 81,86·10 ⁶ | 141,33·10 ⁶ | 92,8·10 ⁶ | 388,9·10 ⁶ |
| Хозяйства КРС откормочного направления | | | | |
| Поголовье КРС, гол | 285 396 | 881 553 | 2 113 702 | 3 280 651 |
| Расход электроэнергии на все хозяйства, кВт·ч/год | 51,73·10 ⁶ | 70,05·10 ⁶ | 64,97·10 ⁶ | 190,75·10 ⁶ |
| Хозяйства свиноводческого направления | | | | |
| Поголовье, гол | 189 796 | 87 979 | 102 7098 | 1304873 |
| Расход электроэнергии на все хозяйства, кВт·ч/год | 42,7·10 ⁶ | 20,94·10 ⁶ | 119,47·10 ⁶ | 183,11·10 ⁶ |
| Хозяйства птицеводческого направления | | | | |
| Поголовье, гол | 14585495 | 345436 | 13308334 | 28239265 |
| Расход электроэнергии на все хозяйства, кВт·ч/год | 291,56·10 ⁶ | 6,89·10 ⁶ | 256,57·10 ⁶ | 115,02·10 ⁶ |
| Хозяйства овцеводческого направления | | | | |
| Поголовье, гол | 849074 | 2891698 | 9072930 | 12 813 702 |
| Расход электроэнергии на все хозяйства, кВт·ч/год | 28·10 ⁶ | 95,25·10 ⁶ | 293,56·10 ⁶ | 416,81·10 ⁶ |

Из данных таблицы видим, что потенциальные объемы потребления электроэнергии животноводческих хозяйств составляют: для хозяйств молочного и откормочного направлений – 579,7 млн. кВт·ч/год, для свиноводческих – 183,11 млн. кВт·ч/год, для птицеводческих – 115,02 млн. кВт·ч/год, для овцеводческих - 416,81 млн. кВт·ч/год. Всего по животноводству объем потребления электроэнергии составляет 1294,64 млн. кВт·ч/год.

2.4 Экспериментальные исследования графиков электрической нагрузки хозяйств

Натурные исследования режимов электропотребления сельских потребителей проведены на примере хозяйств Алматинской области животноводческого направления. В результате обследования молочных ферм, а также средних и малых хозяйств выявлены характерные агроформирования с различным уровнем электрификации технологических процессов. Фермерские (ФХ) и личные подсобные хозяйства (ЛПХ) можно классифицировать, как энергопотребляющие объекты со смешанной производственно-бытовой нагрузкой.

ЛПХ делятся на три типа по суммарной мощности электрооборудования: 0,8; 3,5 и 5 кВт с годовым расходом электроэнергии, соответственно, 70; 623 и 2110 кВт·ч.

Фермерские хозяйства молочного направления с поголовьем 10, 25 и 50 коров делятся на три типа - 8,3; 8,6 и 9,2 кВт с годовым расходом электроэнергии, соответственно, 4950; 6750 и 8780 кВт·ч.

Фермерские хозяйства мясного направления с поголовьем 10, 20, и 30 голов КРС делятся на три типа - 4,9; 5,1 и 5,5 кВт с годовым расходом электроэнергии, соответственно, 2930, 3650 и 4600 кВт·ч.

Суточные графики электрических нагрузок на средних молочных фермах с поголовьем 50...60 гол. крестьянских хозяйств (КХ) «Саидов» и «Астан» приведены на рисунке 1.

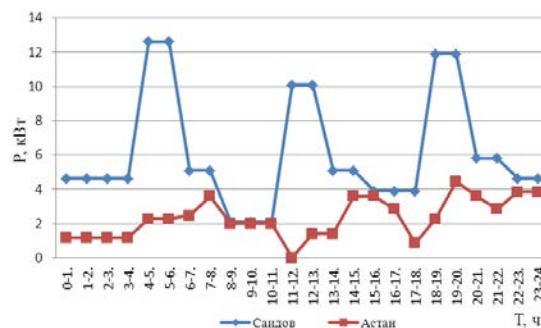


Рисунок 1 - Суточные графики электрических нагрузок на молочных фермах КХ «Саидов» и КХ «Астан»

Суточные графики для малых ферм с поголовьем 18...30 гол. (КХ «Ушкирбаев», КХ «Халыков», ИП «Абенов») приведены на рисунке 2.

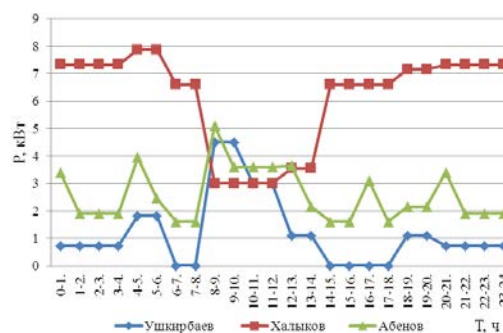


Рисунок 2 - Суточные графики электрических нагрузок на молочных фермах КХ «Ушкирбаев» на 20 гол. молочных коров и 18 гол. телят, КХ «Халыков» на 30 гол. и ИП «Абенов» на 20 гол.

На основе анализа графиков электрической нагрузки исследуемых хозяйств, их классификации по установленной мощности электрооборудования, суточному и годовому потреблению электроэнергии для условий Алматинской области определены параметры ФЭУ для их энергообеспечения.

2.5 Результаты и дискуссия

Современные ФЭУ можно разделить на 2 класса: сетевые (мощностью до 100 кВт), обеспечивающие потребителя электроэнергией, как от сети, так и от ФЭУ и автономные малой мощности ФЭУММ (до 50 кВт). ФЭУММ позволяют создавать простые и надежные в эксплуатации, экологичные автономные системы электроснабжения малых агроформирований, отдаленных от централизованной энергосистемы. Современные гелевые аккумуляторы улучшают следующие характеристики ФЭУММ: обеспечение больших пиковых перегрузок, стабилизация выходного напряжения, суммирование различных источников энергии, обеспечение требований к качеству электроэнергии и бесперебойность электроснабжения.

Для повышения энергоэффективности ФЭУММ нами предложена компоновка из модулей, параметры которых выбираются в соответствии с характером электрической нагрузки и типом электрооборудования. В соответствии с этим ФЭУММ формируется на базе следующих модулей:

- модуль энергообеспечения силового электропривода технологического оборудования (МЭСЭТО), который характеризуется большими пусковыми токами и повторно – кратковременными режимами работы (сепаратор, вакуумный насос, корнелодорезка, мотор-компрессор молочного танка, насосная установка для водоснабжения и др.);

- модуль энергообеспечения светотехнического и электротеплового оборудования (МЭСЭО), которые характеризуется постоянным суточным графиком нагрузки

(осветительные приборы, ультрафиолетовая и инфракрасная облучательные установки, электронагреватель, водонагреватель, брудер, инкубатор и др.);

Блок-схема модулей ФЭУММ (рисунок 3) содержит солнечные панели 1, модуль МЭСЭТО 3 и модуль МЭСЭО 4. Каждый модуль состоит из контроллера заряда 5 (К1, К2), блока аккумуляторных батарей 6 (БАК1, БАК2), инверторов 7 (И1, И2). Схема управления автоматика состоит из пускозащитной аппаратуры 8 (ПА), программируемого микропроцессора 9 (М), датчиков нагрузки 10 (ДН1, ДН2). Микропроцессор управляет работой электропривода 13 (ЭП) слежения за Солнцем и нагрузок 11 (Н1) и 12 (Н2).

Суточные графики нагрузки хозяйств характеризуются высокой степенью неравномерности, поэтому коэффициент равномерности колеблется от 0,16...0,19 для малых и средних ферм с поголовьем 25...50 коров. Поэтому для покрытия пиковых нагрузок суточного графика предусмотрено переключение БАК2 на параллельную работу с БАК1 во время прохождения утреннего и вечернего максимумов нагрузки.

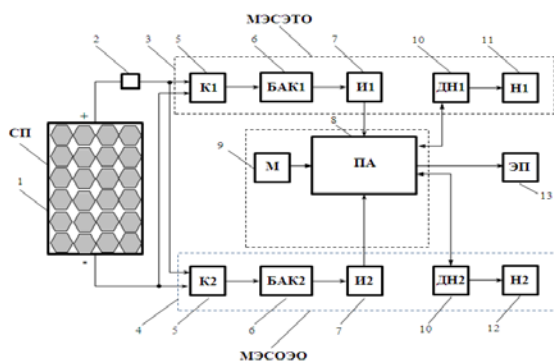


Рисунок 3 – Блок-схема компоновки оборудования ФЭУММ на модуль энергообеспечения электропривода и модуля электрооборудования с постоянной нагрузкой

На основе проведенных исследований нами создана гибридная энергоустановка (ГЭУ) (рисунок 4) с использованием ФЭУММ, ГНУ и БУ, параметры которых выбираются в соответствии с характером электрической нагрузки и типом электрооборудования и технологией хозяйства [5...7].

ГЭУ состоит из солнечных панелей 1, контроллера 2, блока аккумуляторов 3, инвертора 4, гелиоколлекторов 5, циркуляционного насоса 6, бойлера-теплоаккумулятора 7, биореактора 8, газового котла 9 и газгольдера 10. Схема управления и автоматика на базе программируемого микропроцессора размещена в щите управления 11.

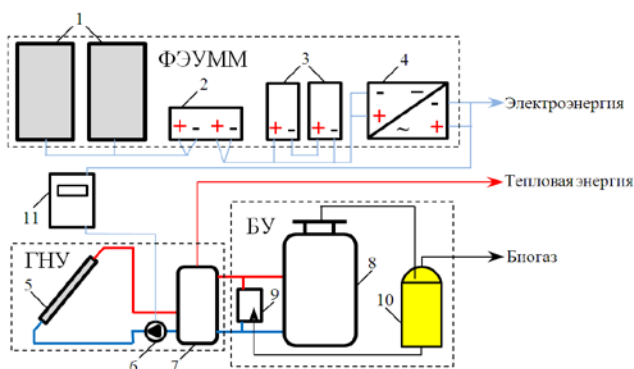


Рисунок 4 – Гибридная энергоустановка для автономного электроснабжения малых агроформирований на базе возобновляемых источников энергии

ФЭУММ обеспечивает электроэнергией технологическое оборудование и бытовые нагрузки хозяйства. ГНУ обеспечивает тепловой энергией нагрев воды в бойлере 7, нагрев субстрата в биореакторе 8 и горячее водоснабжение технологических процессов и бытовые нужды. БУ вырабатывает биогаз, который используется в процессах приготовления и на другие бытовые нужды, а также для нагрева биореактора 8 с помощью газового котла 9.

Таким образом, ГЭУ обеспечивает технологические процессы фермерских и других типов хозяйств электрической и тепловой энергией, а также биогазом. Конструкция ГЭУ позволяет генерировать три вида энергоносителей, что снижает энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции и решает проблему автономного и бесперебойного электроснабжения.

3. Заключение

Технический потенциал солнечной энергии по областям составляет от 402,3 до 1951,6 млн. ГДж/год, по поселкам от 0,56 до 10,69 млн. ГДж/год, по аулам от 1,92 до 37,98 млн. ГДж/год. Всего по поселкам – 54,16 млн. ГДж/год, по аулам – 285,25. В целом по республике – 12543,6 млн. ГДж/год.

Потенциальные объемы потребления электроэнергии животноводческих хозяйств составляют: для хозяйств молочного и откормочного направлений – 579,7 млн. кВт·ч/год, для свиноводческих – 183,11 млн. кВт·ч/год, для птицеводческих – 115,02 млн. кВт·ч/год, для овцеводческих – 416,81 млн. кВт·ч/год. Всего по животноводству объем потребления электроэнергии составляет 1294,64 млн. кВт·ч/год.

Для повышения эффективности электроснабжения малых агроформирований нами предложена компоновка гибридной энергоустановки (ГЭУ) на базе ФЭУММ, гелионагревательной и биогазовой установок, которые обеспечивают технологические процессы электрической и тепловой энергией, а также биогазом.

Применение ГЭУ позволяет снизить энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции и решить проблему автономного и бесперебойного электроснабжения.

4. Литература

- 1 Fantidis J.G., Bandekas D.V., Potolias C., Vordos N. Cost of PV electricity Casestudy of Greece. Sol. Energy. 2013.91, p.120-130.
- 2 Баймиров М.Е. Ресурсы гелиоветробюгазовых источников энергии в Казахстане и перспективы их использования. Алматы: Издательство «Эверо».-2005.-277 с.
- 3 Статистический сборник «Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан 2014». – Астана: Агентство РК по статистике, 2014. – 183 с.
- 4 Токмолдаев А.Б., Амирсейт С.К., Садык А.Р., Барков В.И. Исследование графиков электрических нагрузок фермерских хозяйств для выбора фотоэлектрических установок. //Иновации в сельском хозяйстве, Москва, , 2015.-С.185-189.
- 5 Барков В.И. Совершенствование технологии биологической обработки сельскохозяйственных отходов. /Материалы II международной научно-технической конференции «Машины для сельского хозяйства», Варна, 2014.- С. 82-84
- 6 Binayak Bhandari, Kyung-Tae Lee, Gil-Yong Lee, Young-Man Cho, Sung-Hoon Ahn. Optimization of Hybrid Renewable Energy Power Systems: A Review. International journal of precision engineering and manufacturing-green technology, january 2015 / 99, vol. 2, no. 1, pp. 99-112.
- 7 Барков В.И., Клепова Л.Н., Фотоэлектрические установки для электроснабжения фермерских хозяйств// Международная агроинженерия, 2014, №2.